ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 AOUT 1958.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès, survenu à Paris, le 14 août 1958, de M. **Frédéric Joliot**. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants, en signe de deuil.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en l'une des prochaines séances par M. **Louis de Broglie**.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des acétyl-2 carbométhoxy-3 bicyclo* (2.2.1) *heptènes-5 et des acétyl-1 carbométhoxy-2 cyclohexènes-4 diastéréoisomères.* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier** et **Jacques Soulier**.

Les quatre acétyl-2 carbométhoxy-3 bicyclo-(2.2.1) heptènes-5 diastéréoisomères ont été synthétisés et leurs structures établies. La saponification des isomères cis s'effectue avec inversion de la configuration de l'atome de carbone portant le groupement acétyle. Des résultats analogues ont été obtenus en série cyclohexénique.

Série du bicyclo-(2.2.1) *heptène.* — Les produits de départ sont l'anhydride de l'acide bicyclo-(2.2.1) heptène-5 dicarboxylique 2.3 endo-cis (I *a*) et l'anhydride exo-cis (I *b*) [1]. Traités à chaud par le méthanol anhydre, ils conduisent aux acides-esters endo-cis (II *a*) F 99° (trouvé %, C 61,31; H 6,28) et exo-cis (II *b*) F 66° (trouvé %, C 61,41; H 6,25). Le chlorure de thionyle en solution éthérée donne les monochlorures d'acide correspondants sans inversion; le traitement par l'eau régénère, en effet, les acides-esters initiaux. Par action du diméthylcadmium, on isole avec un rendement de 60 % les acétyl-2 carbométhoxy-3 bicyclo-(2.2.1) heptènes-5 respectivement endo-cis (III *a*) $É_{14}$ 148-150°, DNP F 100-102° (trouvé %, N 15,01) et exo-cis (III *b*) $É_{17}$ 147-148°, DNP F 122-123° (trouvé %, N 15,07). Nous avons pu montrer que leur saponification, par ébullition

avec de la soude à 30 %, s'effectue avec inversion de la configuration, celle-ci portant sur l'atome de carbone portant le groupement acétyle.

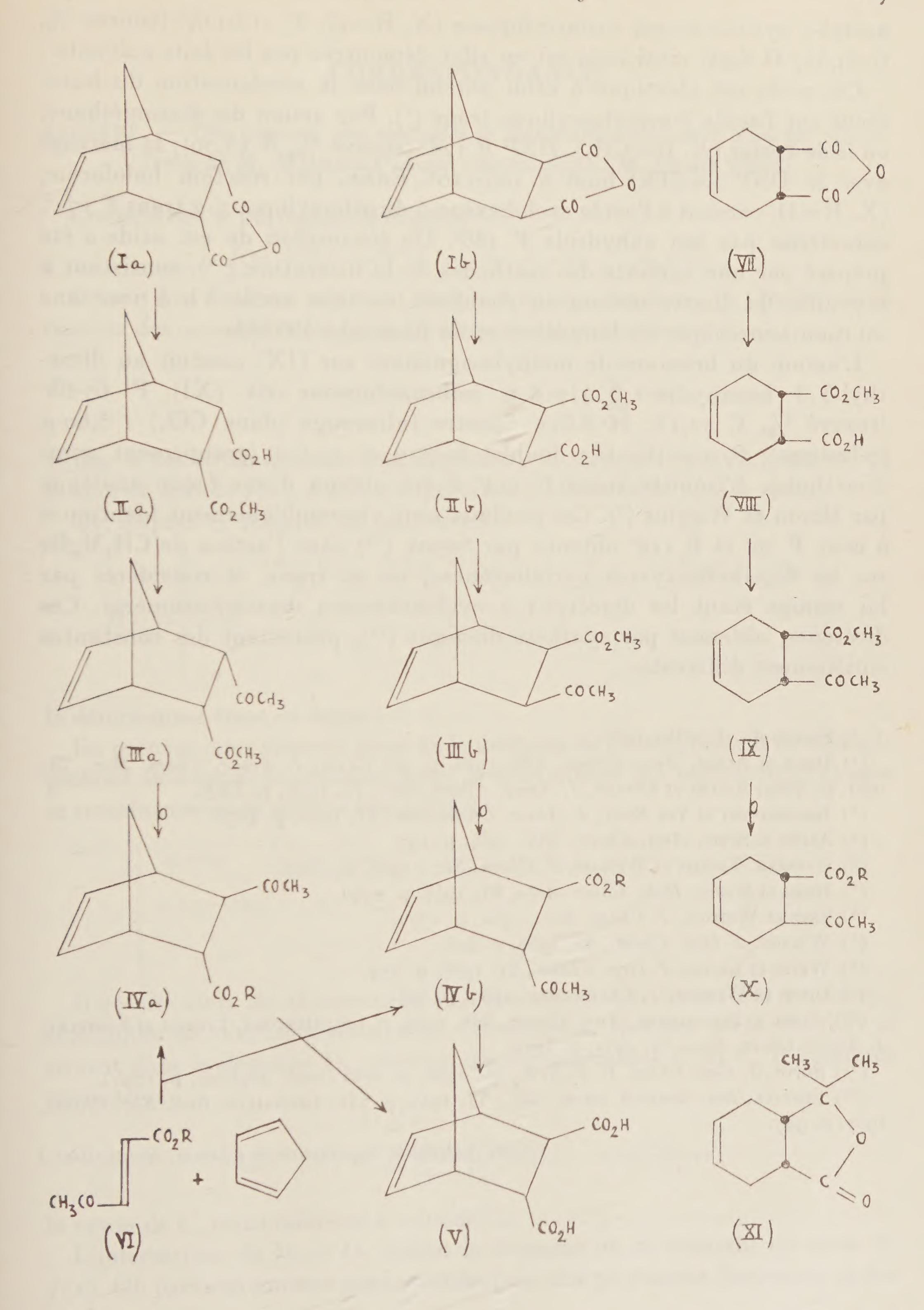
L'ester endo-cis (III *a*) donne, en effet, un acide cétonique (IV *a*, R=H) F 101° (trouvé %, C 66,49; H 6,53); ce dernier traité par l'iode en présence de carbonate de sodium [2] fournit une iodo-lactone à partir de laquelle il est régénéré par action du zinc-acide acétique; la fonction acide est donc bien en position endo. D'autre part, faisant agir le diazométhane, on ne retrouve pas l'ester-cétonique (III *a*), mais on isole le diastéréo-isomère (IV *a*, R=CH_3) DNP F 102-103° (trouvé %, N 14,76); le mélange avec la DNP de (III *a*) fond à 93-95°. Enfin par action de l'hypobromite de sodium, on isole à partir de (IV *a*, R=H) l'acide bicyclo-(2.2.1) heptène-5 dicarboxylique-2.3 trans (V) F 190° [3].

L'ester exo-cis (III *b*) est, lui, saponifié en acide cétonique (IV *b*, R=H) F 122° (trouvé %, C 66,59; H 6,82). Ce dernier ne donne pas d'iodo-lactone; il est estérifié par le diazométhane en (IV *b*, R=CH_3) DNP F 135-136° (trouvé %, N 15,20), et conduit par réaction haloforme au diacide trans (V).

Les structures (IV *a*) et (IV *b*) ont été enfin confirmées grâce aux réactions suivantes. En traitant l'acide β-acétylacrylique trans (VI, R=H) [4] par le cyclopentadiène, il y a formation d'un mélange d'acides, F brut 80-85°, difficilement séparables par recristallisation; l'iodolactone obtenue à partir de ce mélange est réduite par le zinc et l'acide acétique avec formation de l'acide cétonique (IV *a*, R=H). Il ne nous a pas été possible d'isoler l'acide diastéréoisomère (IV *b*, R=H) à partir des eaux mères de l'iodo-lactone. Cependant, un mélange des esters (IV *a*, R=CH_3) et (IV *b*, R=CH_3) caractérisés par leurs DNP, se forme dans l'action du cyclopentadiène sur le β-acétylacrylate de méthyle trans (VI, R=CH_3). L'obtention d'un tel mélange de deux produits d'addition trans diastéréoisomères dans une synthèse diénique entre le cyclopentadiène et un diénophile trans dissymétriquement substitué est en accord avec les résultats de la littérature [2].

La pyrolyse de l'ester-cétonique endo-cis (III *a*) conduit au β-acétyl-acrylate de méthyle trans F 60°, DNP F 204-205° [5]; l'isomère cis présente des constantes nettement distinctes [6]. Signalons que des réactions analogues ont été effectuées par Walton [7] sur des homologues de (III *a*), mais sans que leur stéréochimie soit précisée.

Série du cyclohexène. — Le monoester méthylique cis (VIII) F 80° [8] obtenu à partir de l'anhydride (VII), est successivement transformé sans inversion, en chlorure d'acide, puis par action du diméthylcadmium en acétyl-1 carbométhoxy-2 cyclohexène-4 cis (IX) $É_{16}$ 140-141°, DNP F 127° (trouvé %, N 15,68). La saponification par la soude à 30 % s'effectue ici encore avec inversion de la configuration, et par analogie avec les résultats de la série bicycloheptènique, on peut supposer que celle-ci affecte le carbone portant le groupement acétyle. La structure trans de l'acide


CO
CO
O
(Ia)
CO
CO
O
(Ib)
CO
CO
O
(VII)
CO2H
CO2CH3
(IIa)
CO2CH3
CO2H
(IIb)
CO2CH3
CO2H
(VIII)
COCH3
CO2CH3
(IIIa)
CO2CH3
COCH3
(IIIb)
CO2CH3
COCH3
(IX)
b
COCH3
CO2R
(IVa)
CO2R
COCH3
(IVb)
CO2R
COCH3
(X)
CO2R
CH3CO
+
(VI)
CO2H
CO2H
(V)
CH3
CH3
C
O
C
O
(XI)

acétyl-1 cyclohexène-4 carboxylique-2 (X, R=H) F 113-114° (trouvé %, C 64,32; H 6,94) ainsi isolé est en effet démontrée par les faits suivants :

Cet acide est identique à celui obtenu dans la condensation du butadiène sur l'acide β-acétylacrylique trans ([9]). Par action du diazométhane, on isole l'ester (X, $R=CH_3$), DNP F 128° (trouvé %, N 15,70); le mélange avec la DNP de (IX) fond à 105-110°. Enfin, par réaction haloforme, (X, R=H) conduit à l'acide cyclohexène-4 dicarboxylique-1.2 trans F 172°, caractérisé par son anhydride F 186°. Un échantillon de cet acide a été préparé par une variante des méthodes de la littérature ([10]), consistant à saponifier le diester obtenu en chauffant en tube scellé 3 h à 120° une solution benzénique de butadiène et de fumarate d'éthyle.

L'action du bromure de méthylmagnésium sur (IX) conduit au diméthyl-3.3 hexahydro-1.3.4.7.8.9 isobenzofuranne cis (XI) F 67-68° (trouvé %, C 72,13; H 8,61). Spectre infrarouge (dans CCl_4) : 5,60 μ (γ-lactone); 6,01 μ (C=C); doublet à 7,19 et 7,26 μ (groupement gem-diméthyle). L'isomère trans F 114° a été obtenu d'une façon analogue par Dixon et Wiggins ([9]). Ces produits sont vraisemblablement identiques à ceux F 70° et F 114° obtenus par Sopov ([11]) dans l'action de CH_3MgBr sur les dicarbéthoxy-1.2 cyclohexènes-4 cis et trans, et considérés par lui comme étant les diacétyl-1.2 cyclohexènes-4 diastéréoisomères. Ces dicétones, obtenues par synthèse diénique ([12]), présentent des constantes entièrement différentes.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) Diels et Alder, *Ann. Chem.*, 460, 1928, p. 98; Craig, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 4889; Kwart et Kaplan, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 3356.

(2) Rondestvedt et Ver Nooy, *J. Amer. Chem. Soc*, 77, 1955, p. 4878.

(3) Alder et Stein, *Ann. Chem.*, 514, 1934, p. 197.

(4) Overend, Turton et Wiggins, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 3505.

(5) Rossi et Schinz, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 1740.

(6) Shen et Whiting, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 1772.

(7) Walton, *J. Org. Chem.*, 22, 1957, p. 308.

(8) White et Landis, *J. Org. Chem.*, 21, 1956, p. 279.

(9) Dixon et Wiggins, *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 594.

(10) Alder et Schumacher, *Ann. Chem.*, 564, 1949, p. 107; Hufford, Tarbell et Koszalka, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 3018.

(11) Sopov, *J. Gen. Chem. U. R. S. S.*, 26, 1956, p. 1602 (trad. anglaise, p. 1795).

(12) Schenck, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 77, 1944, p. 741; Levisalles, *Bull. Soc. Chim.*, 1957, p. 997.

(*École Nationale Supérieure de Chimie, Montpellier.*)

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Une variante des méthodes de localisation des zéros d'un polynome.* Note de M. **Maurice Parodi**, transmise par M. Henri Villat.

Considérons le polynome de degré n

$$f(z) = z^n + a_1 z^{n-1} + \ldots + a_{n-1} z + a_n \qquad (a_n \neq 0).$$

On sait que ses zéros se situent dans le domaine classique, D_1, formé par la réunion des circonférences C_1 et C_2 d'équations respectives :

$$C_1 : \quad |z| \leq 1; \qquad C_2 : \quad |z + a_1| \leq \sum_{k=2}^{n} |a_k|$$

et que si ces circonférences sont disjointes, la circonférence C_2 contient un zéro et un seul de $f(z)$, d'ailleurs réel si les coefficients de $f(z)$ le sont.

Or, d'après C. Bourlet, on peut écrire

$$f(z) = \begin{vmatrix} 1 & \dfrac{(n-1)!}{n!} a_1 & \dfrac{(n-2)!}{n!} a_2 & \ldots & \dfrac{2}{n!} a_{n-2} & \dfrac{1}{n!} a_{n-1} & \dfrac{1}{n!} a_n \\ -n & z & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ \ldots & . & . & \ldots & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & -1 & z \end{vmatrix},$$

le déterminant étant de degré $n+1$.

En prenant pour élément pivot de la méthode de développement de Chiò, le premier élément de la première ligne, le déterminant qui représente $f(z)$ peut se transformer en le suivant (de degré n) :

$$\begin{vmatrix} z + a_1 & \dfrac{(n-2)!}{(n-1)!} a_2 & \ldots & \dfrac{2}{(n-1)!} a_{n-2} & \dfrac{a_{n-1}}{(n-1)!} & \dfrac{a_n}{(n-1)!} \\ -(n-1) & z & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ \ldots\ldots & . & \ldots & . & . & . \\ 0 & 0 & \ldots & 0 & -1 & z \end{vmatrix}.$$

Il résulte alors du théorème de M. Hadamard qui donne des conditions suffisantes de non-annulation d'un déterminant, que les zéros de $f(z)$ se situent dans le domaine D_2, réunion des circonférences C'_1 et C'_2 d'équations respectives

$$C'_1 : \qquad |z| \leq n - 1,$$

$$C'_2 : \quad |z + a_1| \leq \frac{(n-2)!}{(n-1)!} |a_1| + \ldots + \frac{|a_n|}{(n-1)!},$$

le rayon de C'_2 étant inférieur à celui de C_2.

L'intersection de D_1 et D_2 définit le domaine où se trouvent les zéros de $f(z)$. On parvient souvent ainsi, surtout pour des polynomes lacunaires et des

valeurs élevées de n, à une localisatiou meilleure que celle qui résulte de la seule considération du domaine D_1. Un exemple va nous le montrer.

Considérons le polynome

$$f(z) = z^8 - 8z^7 + 3z^3 - z^2 + z + 1.$$

Le domaine D_1 est formé par la réunion des circonférences

$$C_1 : \quad |z| \leqq 1; \qquad C_2 : \quad |z-8| \leqq 6$$

qui sont disjointes, le cercle C_2 contient donc un zéro et un seul, d'ailleurs réel, de $f(z)$.

Le domaine D_2 est constitué par la réunion des circonférences

$$C'_1 : \quad |z| \leqq 7$$
$$C'_2 : \quad |z-8| \leqq \frac{3!}{7!}3 + \frac{4}{7!} = \frac{22}{7!} \approx 0{,}0043$$

et ces circonférences sont également disjointes; C'_2 contient donc un zéro et un seul de $f(z)$ et il est à remarquer que c'est nécessairement celui qui se trouve dans C_2.

L'intersection de D_1 et D_2 est formée par la circonférence $|z| \leqq 1$, la circonférence $|z-8| \leqq 22/7!$ et la région commune aux circonférences d'équations : $|z| \leqq 7$, $|z-8| \leqq 6$; mais cette dernière région ne contient, en fait, aucun zéro de $f(z)$, compte tenu de la remarque précédente.

En définitive, $f(z)$ possède sept zéros dans la circonférence unité. et un zéro appartenant au segment $(8 - 0{,}0043,\ 8 + 0{,}0043)$; on voit que l'encadrement de ce dernier zéro est particulièrement satisfaisant.

RECHERCHE OPÉRATIONNELLE. — *Programmation linéaire. Étude de la modification de tous les paramètres. Méthode de résolution séquentielle.* Note (*) de M. **Marcel Courtillot**, transmise par M. Georges Darmois.

1. Soit un problème de programmation linéaire :

Rendre maximum

$$\varphi = \sum_{i=1}^{i=n} c_i x_i,$$

compte tenu de

$$(1) \qquad \sum_{i=1}^{i=n} a_{ij} x_i \mathrm{T} b_j, \qquad x_i \geqq 0, \qquad i \in (1, \ldots, n),$$

T étant l'un des signes $\geqq$ ou $\leqq$ et $j \in (1, \ldots, m)$.

Après introduction des variables d'écart $x_{n+1}, \ldots, x_{n+m}$, (1) représente une application d'un espace vectoriel U_{m+n} dans un espace vectoriel V_m.

Les éléments x satisfaisant à (1) appartiennent à un sous-ensemble convexe $X \subset U_{m+n}$. A tout point extrême de X correspond une famille libre de m vecteurs $P_i \in V_m$. La solution du maximum s'obtient en un point extrême $\hat{x} \in X$ auquel correspond une base $R_1, \ldots, R_m$ de V_m.

Soient $e_1, \ldots, e_m$ la « base initiale » de V_m, telle que

$$P_i = \sum_j a_{ij} e_j, \qquad P_0 = \sum_j b_j e_j \qquad [j \in (1, \ldots, m),\ i \in (1, \ldots, m+n)],$$

et, Π_i et Π_0 les matrices m, 1 de P_i et P_0 dans la base initiale.

Si A est la matrice m, m des composantes des m vecteurs R_i dans la base initiale, la matrice $\hat{\Pi}_i$ de tout vecteur P_i dans la base du maximum, est $\hat{\Pi}_i = A^{-1}\Pi_i$. En particulier, les x_i sont donnés par $\hat{\Pi}_0 = A^{-1}\Pi_0$.

Le maximum $\hat{\varphi}$ de φ est

$$\hat{\varphi} = C'\hat{\Pi}_0 = C'A^{-1}\Pi_0, \qquad \text{avec} \quad C' = (c_1, \ldots, c_m).$$

En développant

$$\hat{\varphi} = \sum_1^m \mu_j b_j, \qquad \text{avec} \qquad \mu_j = \sum_1^m x_{ij} c_i - c_j, \quad \ldots,$$

x_{ij} étant la composante de e_j sur R_i dans la base du maximum.

2. VARIATION DES b_j. — Une variation Δb_j de b_j entraîne les variations suivantes :

$$\Delta\hat{\Pi}_0 = A^{-1} w_j \Delta b_j, \qquad \Delta\hat{\varphi} = \mu_j \Delta b_j,$$

avec w_j = matrice m, 1 à éléments nuls sauf le $j^{\text{ième}}$ égal à 1.

Ceci n'est valable que pour

$$|\Delta b_j| \leqq \inf_{i \in I_j} \left| \frac{x_i}{x_{ij}} \right| = \left| \frac{x_r}{x_{rj}} \right|,$$

I_j, ensemble des i tels que $x_{ij}\Delta b_j < 0$.

Si $|\Delta b_j|$ est supérieur à la limite précédente, on donnera à b_j un accroissement $\theta_j|\Delta b_j|$, θ_j variant de 0 à 1, continuement. Quand $\theta_j|\Delta b_j|$ atteint la valeur limite, il y a dégénérescence. Il suffira de remplacer le vecteur R_r de la base du maximum par le vecteur P_k, tel que

$$\frac{\mu_k}{x_{rk}} = \sup_{i \in I_r^-} \left(\frac{\mu_i}{x_{ri}} \right),$$

I_r^-, ensemble des i tels que $x_{ri} < 0$, pour obtenir une nouvelle structure, où θ_j pourra croître à nouveau.

3. VARIATION DES c_i. — *a*. P_i *appartient à la structure du maximum*. — Si c_i varie de Δc_i, on a

$$\Delta\hat{\varphi} = \Delta c_i x_i;$$

ceci n'est valable que pour

$$|\Delta c_i| \leqq \inf_{l \in L_i} \left|\frac{\mu_l}{x_{il}}\right| = \left|\frac{\mu_k}{x_{ik}}\right|,$$

L_i, ensemble des l tels que $\Delta c_i x_{il} < 0$.

Si $|\Delta c_i|$ est supérieur à la limite précédente, on passera continuement de o à Δc_i en remplaçant par le vecteur P_k le vecteur R_r de la structure du maximum, tel que

$$\frac{x_r}{x_{rk}} = \inf_{i \in I_k^+} \left(\frac{x_i}{x_{i\alpha}}\right),$$

I_k^+, ensemble des i tels que $x_{ik} > 0$.

b. P_i *n'appartient pas à la structure du maximum.* — $\Delta\hat{\varphi} = 0$ pour $\Delta c_i \leqq \mu_i$; pour $\Delta c_i > \mu_i$ on passera continuement de o à Δc_i, en remplaçant par P_i le vecteur R_r de la structure du maximum, défini comme au paragraphe 3*a*.

4. VARIATION DES a_{ij}. — *a.* a_{ij} *est une composante d'un* R_i *dans la base initiale.* — Si a_{ij} varie de Δa_{ij}, la matrice Simplexe S (donnant les composantes de tous les P_i et e_j dans la base du maximum, la valeur des μ_j et de $\hat{\varphi}$) devient : $S = (I^+ - \Lambda_{ij}) S^0$ (l'indice o signifiant : valeur pour $\Delta a_{ij} = 0$).

Avec I = matrice unité m, m, Λ_{ij} = matrice m, m d'éléments λ_{kl} tels que

$$\lambda_{kl} = 0 \qquad \text{pour} \quad l \neq i, \quad K \in (1, \ldots, m),$$

$$\lambda_{ki} = \frac{\Delta a_{ij}}{1 + \mathring{x}_{ij} \Delta a_{ij}} \mathring{x}_{kj}.$$

En explicitant, $\mathring{x}_{kl}$ devient

$$x_{kl} = \mathring{x}_{kl} - \frac{\Delta a_{ij}}{1 + \mathring{x}_{ij} \Delta a_{ij}} \mathring{x}_{kj} \mathring{x}_{il}.$$

Les composantes x_k de P_0, les coefficients marginaux μ_l et le maximum $\hat{\varphi}$ sont à traiter respectivement comme des x_{k0}, x_{0l}, x_{00}.

Une variation de tous les a_{ij} s'obtient sous forme d'un produit matriciel.

b. a_{ij} *n'est pas une composante d'un* R_i *dans la base initiale.* — Seuls dans la matrice Simplexe S varient la matrice $\hat{\Pi}_i$ et le coefficient μ_i;

$\Delta\hat{\Pi}_i = E_j \Delta a_{ij}$, avec E_j matrice de e_j dans la base du maximum;

$\Delta\mu_i = \mu_j \Delta a_{ij}$.

La structure du maximum ne sera valable que si $x_i \geqq 0$, $\mu_j \geqq 0$ pour tout i et j. Si ce n'est pas le cas, on passera continuement de o à Δa_{ij} en effectuant les changements de base nécessaires (*voir* § 2 et 3).

5. Les propriétés énoncées aux paragraphes 2, 3, 4 permettent de paramétrer complètement un programme linéaire.

6. MÉTHODE DE RÉSOLUTION SÉQUENTIELLE D'UN PROBLÈME DE PROGRAMMATION LINÉAIRE. — Soit S_m la matrice Simplexe relativement à la base du maximum d'un

problème $\mathfrak{T}_m$ à m contraintes et soit une contrainte supplémentaire :

$$\sum_{i=1}^{n} a_{im+1} x_i \mathrm{T} b_{m+1},$$

T étant, soit $\leqq$, soit $\geqq$.

La matrice Simplexe S_{m+1} du problème $\mathfrak{T}_{m+1}$, rapportée à la base $R_1, \ldots, R_m$, P_{m+n+1} [ce dernier vecteur est relatif à la variable d'écart de la $(m+1)^{\text{ième}}$ contrainte] est composée des $n+m+1$ vecteurs P_i (y compris P_0), des m vecteurs e_i de $\mathfrak{T}_m$, et des deux vecteurs supplémentaires P_{m+n+1} et e_{m+1}.

Dans la base $R_1, \ldots, R_m, P_{m+n+1}$, les composantes de e_{m+1} et de P_{m+n+1} sur $R_1, \ldots, R_m$ sont nulles. Les composantes correspondantes de tous les autres P_i ou e_i sont données par la matrice S_m. Les composantes des P_i ou e_i sur e_{m+1} sont

$$\varepsilon_{m+1}(a_{m+1,\, i} - \alpha \Lambda^{-1} \Pi_i) = \varepsilon_{m+1}(a_{m+1,\, i} - \alpha \hat{\Pi}_i),$$

avec $\varepsilon_{m+1} = 1$, si T est le signe $\leqq$, $\varepsilon_{m+1} = -1$ dans le cas contraire.

$\alpha =$ matrice $1, m$ formées des composantes des R_i, $i \in (1, \ldots, m)$ sur e_{m+1} dans la base e_i, $i \in (1, \ldots, m+1)$.

En particulier, pour P_0, on a

$$x_{m+1} = \varepsilon_{m+1}(b_{m+1} - \alpha \hat{\Pi}_0).$$

Deux cas : 1° $x_{m+1} \geqq 0$, S_{m+1} est la matrice du maximum $\hat{S}_{m+1}$;

2° $x_{m+1} < 0$; on peut toujours ajouter à b_{m+1} une quantité h telle que

$$h + b_{m+1} - \alpha \hat{\Pi}_0 = 0.$$

On fera tendre h vers zéro en faisant les changements de base appropriés (*voir* § 3). On obtiendra ainsi la matrice du maximum $\hat{S}_{m+1}$.

Remarque. — La solution de $\mathfrak{T}_1$ est évidente.

(*) Séance du 4 août 1958.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Calcul numérique de la houle dans un canal avec obstacle en charge.* Note de M. **Kenzo Takano**, transmise par M. Henri Villat.

Dans une précédente Note [1] dont nous reprenons toutes les notations, nous avons donné les lois générales du phénomène; nous nous proposons ici de compléter cette discussion par un calcul numérique approché et de comparer les résultats avec les mesures de Macagno [2].

La solution exacte explicite du problème aux limites est de forme très compliquée, en raison des deux systèmes infinis d'équations (1) et (2) [*cf.* [1]]. Nous ne conservons que trois premiers termes de (1) et de (2);

nous ne pouvons évaluer l'erreur commise en négligeant les termes de rang supérieur; les applications numériques montrent, toutefois, que chacun des termes négligés est petit vis-à-vis des termes conservés. Puis on constate que l'approximation consentie en ne conservant que les termes diagonaux est très satisfaisante. En définitive, nous partirons du système

$$(1') \quad X_n \left[mi I_0 I_1 (1 + e^{-\lambda_n l}) + \lambda_n (1 - e^{-\lambda_n l}) \left\{ (I_3^{(n)})^2 + mi I_1 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(I_4^{(n,j)})^2}{\sigma_j I_2^{(j)}} \right\} \right] = 2 A_1 mi I_1 I_3^{(n)},$$

$$(2') \quad Y_n \left[T_0 I_0 (1 - e^{-\lambda_n l}) + \lambda_n (1 + e^{-\lambda_n l}) \left\{ I_3^{(n)} I^{(n)} - \frac{1}{I_6} \sum_{j=1}^{\infty} \frac{I_4^{(n,j)} I_7^{(n,j)}}{\sigma_j I_2^{(j)}} \right\} \right] = 2 A_1 mi I_1 T^{(n)},$$

qui donne directement X_n et Y_n.

Les relations (3), (4) et (7) de [1] deviennent alors

$$(3') \quad U = \frac{1}{T_0} \left[-2 A_1 mi I_1 I_6 + I_6 \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n I_3^{(n)} Y_n (1 + e^{-\lambda_n l}) \right],$$

$$(4') \quad A_3 = \frac{1}{mi I_1} \left[-U I_6 + \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n (c_n e^{-\lambda_n l} - D_n) I_3^{(n)} \right],$$

$$(7') \quad A_2 = A_1 + \frac{1}{mi I_1} \left[U I_6 - \sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n (c_n - D_n e^{-\lambda_n l}) I_3^{(n)} \right].$$

Le tableau ci-dessous donne les valeurs expérimentales et théoriques de Macagno pour les coefficients de transmission $|A_3/A_1|$ et de réflexion $|A_2/A_1|$, puis les valeurs calculées par la méthode de F. Ursell [3] et la nôtre.

				Coefficient de transmission.				Coefficient de réflexion.			
				Macagno				Macagno			
h (cm).	h_0 (cm).	(cm).	T (s).	exp.	théorie.	Takano.	Ursell.	exp.	théorie.	Takano.	Ursell.
30	15	175	1	0,067 0,062	0,098	0,067*	0,80	0,995 0,91	0,995	1,0*	0,65
			1,4	0,134 0,133 0,136	0,173	0,14* (0,15)	0,98	0,98 0,97 0,935	0,985	0,98* (0,98)	0,15
			1,8	0,202 0,178	0,239	0,20*	1,0	0,90 0,90	0,97	0,92*	0,05
3,0	8,5	175	1	0,0406 0,0362 0,0403	0,0540	(0,043) **0,04**	0,48	1,00 0,985 0,935	0,998	(0,99) **1,0**	0,86
30	24,4	58,3	1,3	0,476	0,635	0,59* (0,59)	1	0,74	0,77	0,78* (0,79)	0
			1,0	0,372	0,484	**0,4**	0,79	0,76	0,875	**0,9**	0,06

Nous avons effectué les calculs en prenant successivement en compte : le premier terme seulement de (1′) et de (2′) (dans le tableau les nombres ainsi calculés sont en caractères gras), puis les deux premiers termes (nombres du tableau placés entre parenthèses) et enfin les trois termes de ces relations (nombres marqués d'un astérisque).

On voit que les approximations de ces divers ordres conduisent à des résultats assez voisins.

On notera l'écart de la théorie avec les résultats expérimentaux relatifs à la période T = 1,3 s. Mais même dans ce cas, le coefficient théorique de transmission, évalué à partir de nos formules est plus rapproché de la valeur expérimentale que ne l'est le coefficient calculé par Macagno à partir de sa théorie globale; par contre, notre valeur du coefficient de réflexion cadre moins bien avec les mesures que celle de l'auteur précité.

A noter qu'au cours de plusieurs essais, Macagno a observé le décollement du liquide de l'obstacle dans le voisinage de l'arête horizontale amont du solide immergé. Notre théorie ne prend pas en compte ce phénomène. Rappelons, enfin, que nous opérons sur les équations linéarisées, la houle incidente étant, de plus, supposée pure de tout parasite (harmonique, etc.). Or ces hypothèses simplificatrices peuvent entraîner des écarts de l'ordre de 20 %, dans l'analyse des écoulements tels que le clapotis.

Pour ces raisons, nous estimons que dans notre cas l'accord de la théorie avec l'expérience est inespéré. La théorie élémentaire globale de Macagno donne déjà l'essentiel du phénomène avec une précision suffisante. Notre calcul permettrait, peut-être, de servir au contrôle d'expériences plus fines, comportant notamment l'analyse harmonique de l'onde incidente.

Signalons que les formules d'Ursell (qui concernent le cas de l'obstacle d'épaisseur nulle et de profondeur infinie et sont d'un emploi commode en raison de leur simplicité) indiquent déjà l'ordre de grandeur des phénomènes (*cf.* le tableau); mais les coefficients de transmission et de réflexion sont alors donnés systématiquement par excès et par défaut respectivement.

(1) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 3580.
(2) *La Houille blanche*, (1), 1954, p. 10-37.
(3) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, **43**, 1947, p. 374-382.

(*Laboratoires de Mécanique des Fluides de l'Université de Grenoble.*)

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude des actions dynamiques dans le mouvement oscillatoire forcé d'un ellipsoïde de révolution au sein d'un fluide visqueux.* Note (*) de M. **Ambarish Ghosh** et Mlle **Claire Clarion**, transmise par M. Joseph Pérès.

Nous avons exposé dans une Note précédente [1] les résultats de l'étude théorique du mouvement oscillatoire forcé d'un ellipsoïde de révolution allongé au sein d'un fluide visqueux; la présente Note où sont employées les notations de la Note précédente, résume les résultats principaux de l'étude expérimentale.

Le montage utilisé comprend une tige verticale flexible, dont l'extrémité supérieure est fixée à un cadre rigide et à l'extrémité inférieure de laquelle on vient fixer par encastrement des maquettes d'ellipsoïdes de différentes excentricités. Les maquettes dont la surface est très lisse sont faites d'une matière plastique très légère. Elles se trouvent immergées dans l'eau au repos remplissant un bassin rectangulaire.

Le cadre rigide relié à un excentrique entraîné par un moteur à vitesse constante est animé d'un mouvement oscillatoire sinusoïdal de faible amplitude. Un potentiomètre et un galvanomètre enregistreur permettent d'enregistrer ce mouvement sur une bande de papier sensible en translation uniforme.

La tige de suspension des maquettes se déforme au cours du mouvement sous l'effet des actions dynamiques. Les déformations de cette tige transmises à un diaphragme monté dans l'entrefer de deux bobines insérées dans les deux branches d'un pont, provoquent des variations en sens opposé de la réluctance de ces bobines. Le courant de déséquilibre convenablement amplifié est envoyé dans le galvanomètre enregistreur. On enregistre donc sur le même diagramme le mouvement du cadre, la déformation du diaphragme proportionnelle aux actions dynamiques ainsi qu'une base de temps qui permet de mesurer la période des oscillations.

L'équation du mouvement du centre de gravité de l'ellipsoïde supposé parfaitement homogène, s'écrit en négligeant la masse de la tige :

$$\mathrm{M}\frac{d^2x_0}{dt^2} = \mathrm{F} + \mathrm{F}', \tag{1}$$

où M représente la masse de l'ellipsoïde,

$$\mathrm{F} = -\mathrm{M}'\frac{d^2x_0}{dt^2} - f\frac{dx_0}{dt}$$

la force hydrodynamique agissant sur l'ellipsoïde,

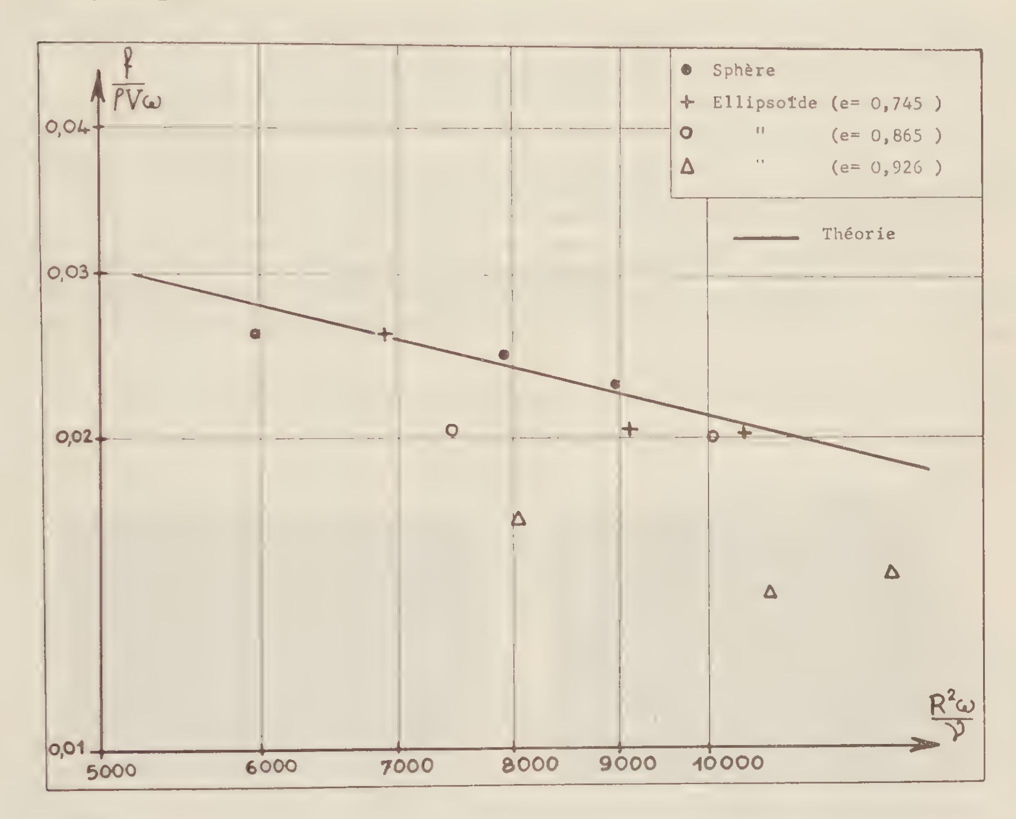
$$\mathrm{F}' = -k(x_0 - x) - k_1\frac{d(x_0 - x)}{dt}$$

la somme de la force élastique de rappel et de la force d'amortissement de la suspension, x_0 l'élongation du centre de gravité de l'ellipsoïde, et $x = a \sin \omega t$ l'élongation de l'extrémité supérieure de la tige.

Posons

$$x_0 = x + x_1, \tag{2}$$

avec x_1 une longueur proportionnelle au déplacement linéaire du centre du diaphragme.



L'équation (1) s'écrit après substitution :

$$(M + M')\frac{d^2 x_1}{dt^2} + (f + k_1)\frac{dx_1}{dt} + kx_1 = P \sin(\omega t - \varphi),$$

où

$$P = a\omega\sqrt{f^2 + (M + M')^2\omega^2} \qquad \text{et} \qquad \operatorname{tg}\varphi = \frac{f}{\omega(M + M')}.$$

La solution générale de l'équation (3) s'écrit

$$x_1 = e^{-Z\Omega t}(A\cos bt + B\sin bt) + \frac{\frac{a\omega^2}{k}\sqrt{\left(\frac{f}{\omega}\right)^2 + (M + M')^2}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\Omega}\right)^2\right]^2 + \left(2Z\frac{\omega}{\Omega}\right)^2}}\sin(\omega t - \varphi - \varphi_1),$$

où

$$Z = \frac{f + k_1}{2\Omega(M + M')}, \qquad \Omega = \sqrt{\frac{k}{M + M'}},$$

$$b = \Omega\sqrt{1 - Z^2} \qquad \text{et} \qquad \operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{2Z\dfrac{\omega}{\Omega}}{1 - \left(\dfrac{\omega}{\Omega}\right)^2}.$$

Le premier terme de l'expression de x_1 correspond à la vibration libre qui est amortie au bout d'un certain intervalle de temps, seule reste alors la variation forcée. Nous ne considérerons que cette dernière.

Lorsque le corps oscille dans le vide $M' = f = 0$; l'expérience montre que les oscillations dans l'air peuvent sans erreur sensible être assimilées à des oscillations dans le vide.

La détermination des valeurs de Z et de Ω, dans l'air et dans l'eau, se fait en donnant une impulsion au système et en mesurant l'amortissement et la fréquence des oscillations amorties qu'elle provoque

$$Z^2 = \frac{\left(\log\dfrac{x_n}{x_{n+1}}\right)^2}{4\pi^2 + \left(\log\dfrac{x_n}{x_{n+1}}\right)^2},$$

$$\Omega = \frac{b}{\sqrt{1 - Z^2}},$$

où x_n et x_{n+1} sont les amplitudes de deux élongations successives d'un même côté.

La mesure sur le diagramme d'enregistrement de l'amplitude de la vibration forcée x_1 et de son déphasage par rapport à la vibration $x = a\sin\omega t$ successivement dans l'air et dans l'eau permet de déterminer les coefficients f et M'. Ces mesures sont corrigées pour tenir compte de l'effet de la tige, de l'effet de la pesanteur et du fait que le galvanomètre est étalonné statiquement.

L'étude expérimentale a été effectuée pour trois ellipsoïdes d'excentricité 0,745, 0,865 et 0,926 respectivement, ainsi que pour une maquette sphérique. Les valeurs expérimentales de $M'/\rho V$ et de $f/\rho V\omega$ relatives à la sphère et aux deux premiers ellipsoïdes sont en excellent accord avec les valeurs théoriques de ces coefficients données dans la précédente Note. Pour l'ellipsoïde d'excentricité 0,926 l'accord entre la théorie et l'expérience est excellent pour $M'/\rho V$; les valeurs expérimentales de $f/\rho V\omega$ sont nettement inférieures aux valeurs prévues par la théorie, mais dans ce cas particulier les approximations admises dans l'écriture des équations ne sont plus valables. La figure représente en coordonnées logarithmiques

les résultats concernant $f/\rho V\omega$ en fonction de $R^2\omega/\nu$; la droite théorique a été tracée en trait plein.

(*) Séance du 11 août 1958.
(1) *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 634.

(*Institut de Mécanique des Fluides de l'Université d'Aix-Marseille.*)

AÉRODYNAMIQUE. — *Étude de la circulation autour des tourbillons d'apex d'une aile en delta en écoulement subsonique.* Note de Mme et M. **André Papon**, transmise par M. Joseph Pérès.

La présente Note résume les résultats principaux d'une étude de la circulation autour des tourbillons d'apex, qui se forment sur l'extrados d'une aile plane en delta, placée à une incidence non nulle dans un courant uniforme dont la vitesse est contenue dans le plan de symétrie de l'aile. La valeur approximative calculée de la circulation est en bon accord avec l'expérience, à cette différence près qu'à une certaine distance de l'apex la circulation demeure constante.

La configuration tourbillonnaire de l'écoulement que révèle l'observation par la méthode des fumées (*fig.* 1 et 2), est tout à fait conforme au schéma



Fig. 1.

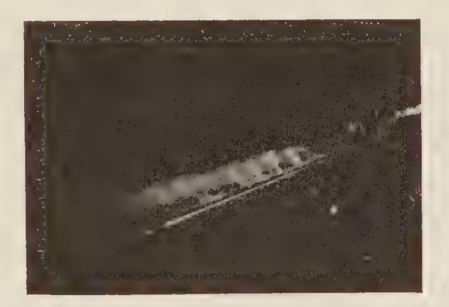


Fig. 2

des nappes en cornet dû à Maurice Roy (1). Sans prétendre aborder l'étude théorique rigoureuse de l'écoulement qui est très ardue (2), nous avons estimé approximativement la circulation autour des tourbillons d'apex d'après l'analyse de C. E. Bown et W. H. Michael (3), faisant suite à une étude de R. Legendre (4). Le champ aérodynamique est représenté schématiquement par deux noyaux tourbillonnaires d'apex, symétriques par rapport au plan médian perpendiculaire à l'aile, et respectivement reliés aux bords d'attaque correspondants par une nappe tourbillonnaire génératrice plane. On suppose de plus que la circulation autour des noyaux augmente linéairement à partir de la pointe vers l'aval de l'aile.

Attachons à l'aile un système de coordonnées trirectangulaire $Oxyz$,

l'origine étant à l'apex, l'axe des x coïncidant avec l'axe de symétrie de la plaque. Exprimant qu'à l'abscisse x, le système des forces agissant sur chaque tourbillon et sa nappe, est nul, et que l'intersection du bord d'attaque avec la normale à Ox est point d'arrêt, on obtient :

$$(1)\qquad \frac{\pi V \alpha \varepsilon}{\gamma} = \sqrt{\frac{Y^2 - Z^2 - 1 + M}{2M^2}},$$

$$(2)\qquad 4ZM^2(M + Y^2 - Z^2 - 1)\frac{\pi V_\alpha b}{\gamma}$$
$$= (1 - Y^2 + Z^2)^2 + M^2(Y^2 - Z^2)$$
$$- 2M^2(1 - Y^2 + Z^2) - M[2(1 - Y^2 + Z^2)(Y^2 - Z^2) - M^2],$$

$$(3)\qquad 2M^2(M + Y^2 - Z^2 - 1)(2Y^2 + 2Z^2 - Y)\frac{\pi V_\varepsilon b}{\gamma} = YZ[(1 - Y^2 + Z^2)(1 - 2M) + M^2],$$

avec

$$M = \sqrt{(1 - Y^2 + Z^2)^2 + 4Y^2Z^2},$$

où V est la vitesse à l'infini, α l'angle d'incidence, ε le demi-angle au sommet, b la demi-envergure de l'aile pour la section x considérée, γ la

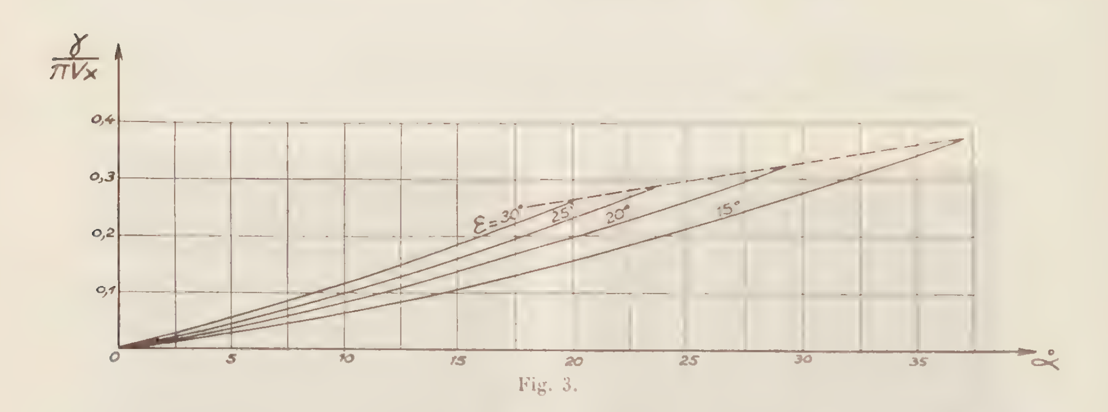


Fig. 3.

circulation autour du tourbillon de droite, Y et Z les rapports des coordonnées de l'axe de ce dernier à la demi-envergure b. On néglige les termes du deuxième ordre dans les développements limités des lignes trigonométriques des angles.

Les équations (1), (2) et (3) permettent d'obtenir numériquement $\gamma/\pi V x$, Y et Z en fonction de ε et α. Les résultats concernant $\gamma/\pi V x = f(\alpha)$ en particulier, ont été représentés dans la figure 3 pour quatre ailes en delta de différents allongements. On voit que $\gamma/\pi V x$ est une fonction croissante non linéaire de l'incidence et de l'allongement. On a limité le tracé par une courbe lieu approximatif des angles d'incidence au-dessus desquels les tourbillons d'apex se trouvent détruits, comme le montre l'observation par la méthode des fumées. La mesure expérimentale de γ a été exécutée en soufflerie sur des maquettes planes d'aile en delta, à arêtes vives, à une échelle

et une vitesse correspondant à un nombre de Reynolds moyen rapporté à la corde c, égal à 6.10^5. On a fait l'extension au cas présent de la méthode utilisée par J. Valensi (⁷) pour la mesure de la circulation autour d'un tourbillon cylindrique. On sait que γ pour une section droite courante du tourbillon est donnée par l'expression

$$\gamma = \pi r_1 V \sqrt{\frac{2(p_0 - p_m)}{q}},$$

où p_m est la pression statique sur l'axe du noyau, p_0 la pression statique à l'infini, q la pression dynamique $(1/2)\rho V^2$ et r_1 le rayon du noyau tourbillonnaire. Pour les différentes valeurs de x, on effectue une exploration systématique du noyau et de la région environnante, dans des plans de section droite, à l'aide d'une sonde de pression statique orientée convenablement.

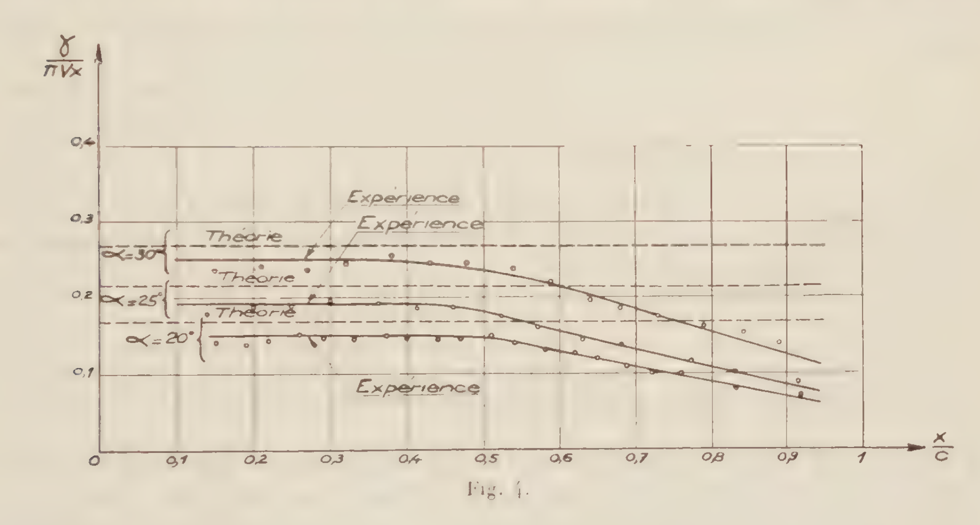


Fig. 4.

On obtient ainsi la courbe $p_0 - p$ en fonction de la distance radiale r à l'axe du tourbillon. Celle-ci affecte une forme très analogue à celle fournie par la théorie avec l'hypothèse du fluide parfait, de sorte qu'il apparaît légitime de déduire r_1 d'une relation donnée par cette théorie et qui s'écrit

$$p_0 - p = \frac{p_0 - p_m}{2}\left(\frac{r_1}{r}\right)^2,$$

où $p_0 - p$ désigne la pression relative mesurée à une distance r de l'axe du noyau légèrement supérieure à r_1 et $p_0 - p_m$ la dépression correspondant au maximum de la courbe.

La figure 4 montre les résultats obtenus avec l'aile de flèche 75° à diverses incidences. $\gamma/\pi V x$ fonction de x/c demeure d'abord constant et peu inférieur à la valeur prévue par la théorie, puis décroît. Une telle allure de variation est observée quelle que soit la flèche de l'aile mais la valeur

de x/c au début de la décroissance de $\gamma/\pi V x$ est une fonction croissante de l'angle de flèche.

Les calculs de C. E. Brown et W. H. Michael conduisant à des valeurs trop élevées de la portance, il semble qu'il y ait lieu d'attribuer, pour une grande part, ce désaccord entre la théorie et l'expérience, signalé par ces auteurs, à la décroissance de $\gamma/\pi V x$ à partir d'une certaine distance de l'apex, plutôt qu'à l'effet seul de la compressibilité.

(1) Maurice Roy, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2501; *La Recherche Aéronautique*, nº 56, février 1952.

(2) Maurice Roy, *Remarques sur l'écoulement tourbillonnaire autour des ailes en flèche*, (*Z. A. M. P.*, vol. IX*b*, fasc. 5-6, 1958, p. 554-569).

(3) C. E. Brown et W. H. Michael, *J. Aeron. Sc.*, 1954, p. 690-694.

(4) R. Legendre, *La Recherche Aéronautique*, nº 30, novembre-décembre 1952 et nº 31, janvier-février 1953.

(5) J. Valensi, *Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, nº 128, p. 166.

(*Institut de Mécanique des Fluides de l'Université d'Aix-Marseille.*)

MÉTÉOROLOGIE. — *Utilisation du bleu de méthylène pour l'étude des gros noyaux hygroscopiques.* Note de Mlle **Marie-Josèphe Toye**, transmise par M. Charles Maurain.

La gélatine sensibilisée par du bleu de méthylène permet de distinguer si les particules d'un aérosol se trouvent sous forme liquide ou solide au moment de la captation et peut donner des indications sur leur composition chimique.

La méthode de captation des particules atmosphériques à l'aide de fils d'araignées (1) ne permet pas de savoir si ces particules, à l'instant de l'impact sur les fils, étaient à l'état solide ou à l'état de solution. En effet, l'impact est susceptible de détruire l'état métastable d'une gouttelette de solution sursaturée.

Nous avons eu recours à la captation de ces particules sur des lames enduites de gélatine sensibilisée par un colorant, la captation étant effectuée à l'aide d'un « cascade impactor » à deux jets.

Après des essais avec divers colorants, nous avons adopté le bleu de méthylène; les lames étaient préparées de la manière suivante : on mélange à chaud 100 g d'eau avec 4 g de gélatine en poudre et l'on filtre la solution. On fait dissoudre d'autre part 1 g de bleu de méthylène dans 25 g d'eau. Les deux solutions sont mélangées à chaud et filtrées. Le liquide obtenu est versé chaud sur les lames chauffées.

Si l'on pulvérise une solution de chlorure de sodium pur sur une lame ainsi préparée, trois cas peuvent se présenter :

1° Les gouttelettes retombent liquides et forment sur la lame des taches

circulaires, blanchâtres au centre et mauves sur les bords. Les cristaux obtenus par dessiccation sont alors rarement cubiques et ont une forme complexe par suite de la diffusion de la solution dans la gélatine.

2° Les gouttelettes retombent lorsque leur dessiccation est terminée. Les cristaux qui se posent sur la lame sont cubiques en général et n'ont aucune influence sur sa coloration.

3° Les gouttelettes retombent en cours de dessiccation lorsque le cristal est formé mais entouré de liquide. On obtient alors des cristaux cubiques placés sur une tache mauve, plus ou moins étendue suivant la quantité de solution restant autour du cristal. Le cas se présente assez rarement, car les gouttelettes sont alors dans un état de transition de peu de durée.

Des pulvérisations effectuées dans des humidités de l'air différentes, ont montré que la proportion des gouttelettes retombant sous forme liquide est supérieure à 65 % si l'humidité relative dépasse une limite comprise entre 45 et 50 %, et s'abaisse brusquement à 30 % environ si l'humidité est inférieure à cette limite.

Il existe d'autres sels colorant en mauve la préparation, le chlorure de potassium et le bromure de potassium par exemple.

Si l'on pulvérise sur la lame de l'eau distillée ou la solution de certains tels que le chlorure de magnésium ou l'iodure de potassium, on obtient des taches blanchâtres cerclées de bleu, nettement différentes de celles qui sont produites par des solutions de chlorure de sodium pulvérisées à la même humidité relative.

Une pulvérisation d'eau de mer produit des taches analogues à celles produites par une solution de chlorure de sodium tant que l'humidité est supérieure à 42 ou 45 %. Pour des humidités inférieures, nous obtenons un cristal entouré d'une tache bleue. Nous pensons que pour ces humidités, le chlorure de sodium contenu dans la gouttelette est entièrement cristallisé, et qu'il persiste, autour du cristal, une solution où domine le chlorure de magnésium, sel beaucoup plus hygroscopique que le chlorure de sodium.

Enfin, la préparation n'est pas utilisable lorsque l'humidité est trop élevée ($H > 70$ %). La lame devient alors entièrement mauve et les taches s'étendent et ne permettent plus aucune mesure.

Nous avons essayé d'étudier, par ce procédé, les noyaux naturels, captés au « cascade impactor », dont seules les deux premières lames, traitées comme nous l'avons indiqué précédemment, étaient utilisées. Toutes les particules et les taches ainsi recueillies, dont la plus grande dimension atteignait 10 μ, ont été systématiquement dénombrées. On en trouvait rarement sur la deuxième lame, mais nous pouvions constater qu'en général celle-ci était remplie de taches mauves. L'humidité de l'air et la direction du vent ont été notées pour chaque captation pour essayer de déterminer l'influence de la ville située au Nord-Est du lieu des observations.

Nous en avons tiré les conclusions suivantes :

1° La plupart des gouttelettes recueillies, ont produit des taches mauves, et sont donc susceptibles de contenir du chlorure de sodium. Celles qui produisent des taches bleues se rencontrent en général lorsque les vents sont de direction Nord ou Nord-Ouest. Le 28 février 1958 qui est le jour où nous en avons recueilli le plus, le vent soufflait du Nord, il était modéré et le ciel était très nuageux. L'humidité relative atteignait 64 %. L'influence de la ville industrielle est alors probable.

2° Le pourcentage de taches obtenues est petit tant que l'humidité relative de l'air reste inférieure à 55 %. Nous l'avons toujours trouvé inférieur à 30 % dans ce cas. Si l'humidité dépasse 55 %, il devient supérieur à 45 % sauf les 19 et 20 février 1958 où il est resté assez bas.

3° Le nombre total de particules solides de dimensions supérieures à 10 μ ne varie pas sensiblement avec l'humidité relative. Peu de ces particules doivent être hygroscopiques dans les conditions atmosphériques de nos expériences. L'augmentation considérable du nombre de gouttelettes recueillies lorsque l'humidité relative augmente provient de l'hygroscopicité de noyaux de dimensions inférieures à 10 μ.

Les particules supérieures à 10 μ recueillies dans l'air et étudiées pour une humidité relative inférieure à 70 %, sont rarement hygroscopiques. Les gouttelettes laissant des traces sur la lame proviennent généralement de l'hydratation de noyaux plus petits. La plupart sont susceptibles de contenir du chlorure de sodium, sauf de grosses gouttelettes semblant provenir de zones urbaines et industrielles.

(1) H. Dessens, *Ann. Géoph.*, 2, fasc. 4, décembre 1956.

(*Observatoire du Puy de Dôme, Clermont-Ferrand.*)

PALYNOLOGIE. — *L'analyse pollinique d'argiles des environs de Challans (Vendée) révèle l'existence d'une Flore cénomanienne.* Note (*) de Mlle **Suzanne Durand** et Mme **Mireille Ters**, présentée par M. Roger Heim.

L'analyse pollinique (S. D.) confirme l'âge cénomanien attribué (M. T.) à des argiles noires découvertes en Vendée. L'association végétale reconnue dans ce dépôt est semblable à celle qui caractérise les formations contemporaines d'Europe, mais elle est très différente de la flore paléocène de gisements voisins.

Le Cénomanien affleure en Vendée, entre Challans, Soullans et Commequiers, sous forme de sables fossilifères. A Saint-Hubert et à Bois-Soleil (3 km Sud-Est et 1 km Sud-Ouest de Challans) on exploite des argiles noires épaisses de 2 à 4 m; à Saint-Hubert elles sont associées à leur base à des sables blancs fins et azoïques (1 à 2 m). Ces argiles n'ont pas encore

été signalées; les seuls restes organiques visibles à l'œil nu, sont des fragments de bois fossiles; leur position stratigraphique ne peut être fixée par l'observation des affleurements. Par contre, plusieurs puits ouverts dans la région (Le Fief, l'Hersault : 1 km Nord-Ouest et 1 km Nord-Est de Challans; le Petit-Bréchard, entre Challans et Soullans; la Vergne : 1 km Sud-Est de Commequiers) ont traversé sous les sables cénomaniens, des argiles grises renfermant les mêmes fossiles et passant insensiblement à des argiles noires puis à des sables blancs, semblables aux formations des carrières du Sud de Challans. Il est donc permis de penser que les sables blancs et les argiles noires sont les premiers dépôts accumulés dans le bassin cénomanien de Vendée dont le fond est constitué par des micaschistes.

Ces argiles noires recueillies dans les carrières sont remarquablement riches en spores et renferment également des grains de pollen. La découverte de ces microfossiles et la détermination des formes les plus caractéristiques paraissent intéressantes à signaler, avant la publication prochaine d'une étude détaillée complétée par des photographies et des dessins. En dehors des travaux des savants soviétiques [1] l'analyse pollinique de dépôts cénomaniens d'Europe, n'a encore été faite que pour deux gisements français : Nouvion-en-Thiérarche [2] et Saint-Paulet-de-Caisson (Gard) [3] ainsi que pour une formation de Bohême [4].

Après traitement à l'acide fluorhydrique et au perborate en présence de soude, les préparations révèlent :

1° des grains de pollen peu abondants : les Gymnospermes sont représentés par quelques pollens de Pin et de *Taxodium* : *Inaperturopollenites hiatus* (R. Pot.) Th. et Pf. [5]. Les *Monocolpopollenites* Th. et Pf. sont du type *M. areolatus* (R. Pot.) Th. et Pf., de petite taille. Les grains brevaxones à trois pores sont exceptionnels : un exemplaire du type de *Vacuopollis* Pf. [6]. Les longaxones à trois plis sont les plus nombreux : *Tricolpites pilatus* Ross. *Tricolpopollenites microhenrici* (R. Pot.) Th. et Pf. et d'autres petites formes identiques aux types « quercoïdes » décrits par F. Thiergart [3].

2° Des spores très abondantes et très variées dont les formes les plus fréquentes sont : *Stenozonotriletes cerebriformis* Naum.; *S. pumilus* Naum.; *S. simplex* Naum.; *Cyathea dealbata* Swartz; *Camarozonotriletes pygmæus* Bolk.; des Gleichéniacées : *G. læta* Bolk.; *G. angulata* Naum.; *G. triplex* Bolk.; *G. umbonata* Bolk.; *G. rasilis* Bolk. et des Schizéacées : *Aneimia macrorhysa* Mal.; *Mohria striata* Naum.; *Corrugatisporites toratus* Weyl. et Greif. [7]; des formes trilètes ayant la structure des *Cicatricosisporites* R. Pot. et Gell. mais munies aux angles d'appendices courts et découpés correspondant aux prolongements des côtes; enfin à côté de *Appendicisporites tricornitatus* Weyl. et Greif. typique, des Appendicisporites

voisins de ceux signalés par F. Thiergart ([3]), ([4]) : les appendices sont un peu plus courts que ceux de *Ap. tricuspidatus* Weyl. et Greif., et leur forme paraît différente.

L'étude d'échantillons recueillis dans les deux carrières donne des résultats semblables, les Schizéacées étant relativement plus abondantes à Saint-Hubert qu'à Bois-Soleil. La présence d'Hystrichosphères dans les argiles du premier gisement indique que le dépôt a dû se former dans des marécages littoraux semblables à ceux qui s'étendaient à l'Éocène en bordure de la baie de Bourgneuf ([8]). La végétation témoigne, comme à l'Éocène, d'un climat chaud et humide, de caractère tropical. La présence des pollens du type « quercoïde » et certaines formes de Gleichéniacées et de Schizéacées différencient les spectres polliniques étudiés de ceux établis pour des formations du Crétacé inférieur, et pour une marne du Jurassique supérieur de l'île d'Oléron ([9]). L'association végétale décrite ci-dessus est au contraire très proche des flores retrouvées dans le Cénomanien de France et de Bohême. L'étude micropaléontologique confirme les conclusions tirées de l'observation du terrain et l'âge cénomanien des argiles noires des environs de Challans.

De nombreuses spores ont pu être identifiées en se référant aux diagnoses d'espèces définies en U.R.S.S. ([1]); il est intéressant de signaler l'uniformité de la flore cénomanienne dans un vaste domaine. La coupure reconnue dans le monde végétal d'Europe ([3]), ([4]), ([10]) entre le Cénomanien et le Sénonien-Paléocène, se retrouve ici; en dépit de la proximité des gisements et des conditions écologiques analogues, les argiles de Challans et les sapropels de Noirmoutier renferment des flores très différentes : le Paléocène est caractérisé par l'abondance des types « *Normapolles* » Pf. ([6]), ([10]) qui font défaut dans le Cénomanien.

(*) Séance du 4 août 1958.

([1]) N. A. BOLKHOVITINA, *Acad. Sc. U.R.S.S.*, série géol., 145, nº 61, 1953, p. 1-184.

([2]) F. FIRTION, *Ann. Soc. Géol. Nord.*, 72, 1952, p. 150-164.

([3]) F. THIERGART, *Geologie*, 3, nº 5, 1954, p. 548-559 et *Rapport 8e Congrès bot. intern.*, section 6, p. 271-276.

([4]) F. THIERGART, *Palæontographica*, 95, B, 1953, p. 53-59.

([5]) P. W. THOMSON et H. PFLUG, *Ibid.*, 94, B, 1953, p. 1-138.

([6]) H. PFLUG, *Ibid.*, 95, B, 1953, p. 60-171.

([7]) H. WEYLAND et G. GREIFELD, *Palæontographica*, 95, B, 1953, p. 30-[illegible].

([8]) S. DURAND, *Bull. Soc. Géol. Min. de Bretagne*, 1957, fasc. 1, p. 69-94.

([9]) J. LANTZ, *Rev. Micropaléontologie*, nº 1, 1re année, 1958, p. 33-37.

([10]) KRUTZSCH, *Z. angew. Geologie*, 11/12, 1957, p. 509-548.

(*Institut de Géologie, Faculté des Sciences de Rennes.*)

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'analyse des huiles essentielles par la chromatographie de partition vapeurs-liquide, en général, et sur celle des huiles essentielles de citronelle et de lemongrass, en particulier.* Note de MM. **Yves-René Naves** et **Aldo Odermatt**, transmise par M. René Fabre.

L'évaluation des principaux constituants des huiles essentielles peut être accomplie, avec une précision suffisante, par la chromatographie de partition vapeurs-liquide.

Dans une Note récente ([1]), M. L. Domange et Mlle S. Longuevalle ont exposé quelques-uns des résultats qu'ils ont obtenus en appliquant la chromatographie de partition vapeurs-liquide (CPVL) à l'analyse d'huiles essentielles (d'eucalyptus, de niaouli, de menthe).

Nous avons, pour notre part, développé des études dont deux Notes à l'Académie ([2]), ([3]) et des Communications parues dans le *Bulletin de la Société Chimique de France* ([2]), ([4]) ont déjà fait connaître quelques aspects. Nous voulons aujourd'hui poser le problème de l'examen des huiles essentielles par chromatographie de partition vapeurs-liquide, sur un plan général et mettre en évidence les principales conditions d'analyses aisées, rapides et convenablement précises.

Il est dès à présent permis de penser que l'analyse par CPVL peut l'emporter sur la plupart des procédés d'analyse physique ou chimique mis en œuvre aujourd'hui au sujet de la production, du magasinage, des applications, du commerce des huiles essentielles. Nous allons illustrer notre exposé par les cas des essences de citronelle et de lemongrass.

Rappelons tout d'abord que la plupart des huiles essentielles sont caractérisées par l'hétérogénéité de leur composition chimique tant qualitative que quantitative ([5]). Les constituants d'une huile essentielle peuvent être fort divers dans l'ordre de la volatilité et nombre de ceux qu'engendrent des altérations en cours de manipulations ou pendant le magasinage peuvent être considérés comme des substances « fixes ». Il s'ensuit qu'en CPVL une fraction seulement de l'huile essentielle parvient au détecteur et, par ailleurs, il est rare que nous en connaissions tous les constituants. Aussi donc, pour rapporter les teneurs en constituants connus à l'huile essentielle elle-même, faut-il ou bien déterminer par une autre méthode analytique la concentration de l'un de ces constituants dans l'essence, ou bien recourir au procédé déjà classique dit de l'« étalon interne » ([6]).

En vue de rendre l'analyse basée sur l'emploi du catharomètre aussi simple que possible, en particulier pour éviter d'avoir à procéder à des calibrages répétés d'appareils avec des mélanges connus, il convient de respecter un certain nombre de conditions dont il est bien opportun de rappeler les plus importantes :

— l'utilisation comme gaz porteur d'hydrogène ou d'hélium en raison

de leur conductivité thermique élevée par rapport à celle des constituants d'huiles essentielles;

— le choix comme « étalon interne » d'un produit dont l'élution soit voisine de celles des constituants à évaluer sans s'y confondre et dont la concentration moléculaire soit reliée au produit $h \times t$ de la hauteur du « pic » par le temps de rétention apparente par le même coefficient que pour les dits constituants ou par un coefficient très voisin.

Nous utilisons les dispositions que nous avons déjà décrites ([3]) à ceci près que nous remplaçons la charge C [Fluid Silicone Dow Corning **200** montée sur kieselguhr (célite)] par le Reoplex **100** de Geigy monté, dans le rapport de 1 à 3, sur le même support. Nous opérons, avec les essences de citronelle et de lemongrass, à 180°; une analyse est effectuée en 20 mn au plus.

L'étalon est, pour les essences de citronelle du type Java, l'acétate de benzyle (1 pour 4 en poids), pour celles de lemongrass, l'acétophénone (1 pour 3). Nous évaluons, dans les essences de citronelle, le citronellal, le citronellol, le géraniol (le nérol, que le Reoplex isolerait ici du citronellol, fait pratiquement défaut): l'acétate de benzyle se place entre le citronellal et le citronellol. On néglige les écarts des poids moléculaires et, de la somme des $h \times t$ des quatre substances, on déduit leurs pourcentages sur leur ensemble. Les pourcentages dans l'essence sont obtenus à partir des valeurs ainsi calculées en les multipliant par le facteur : 20/(pourcentage d'acétate de benzyle $\times$ 0,8).

Le procédé, éprouvé sur des mélanges artificiels, donne des résultats exacts à 0,5 près.

D'une manière générale, les teneurs en citronellal sont, pour les essences peu altérées, inférieures (de 1,5 à 4 unités) à celles mesurées par oximétrie ; les sommes des teneurs en citronellol et en géraniol sont proches de valeurs tirées de la phtalisation pyridinée (de 2 à 6 unités). Les teneurs déterminées par CPVL sont vérifiées au cours de l'isolement des constituants de l'essence.

La CPVL permet de connaître les proportions de citrals a et b dans les essences de lemongrass alors que de profonds différends séparent les analystes au sujet des méthodes d'évaluation du citral « total » basées sur l'oximation, sur l'emploi du sulfite de sodium (méthode de Burgess), sur celui d'hydrogénosulfites.

Le calcul est conduit comme ci-dessus, le facteur 0,8 devenant 0,75, mais il convient de tenir compte de l'écart notable entre le poids moléculaire des citrals et celui de l'acétophénone. Dans ce but, on multiplie le produit ht relatif à l'acétophénone par le rapport $\frac{\sqrt{122,14}}{\sqrt{152,22}}$ ([7]), soit 0,896.

L'évaluation des citrals éprouvée sur des mélanges artificiels est précise à 0,5 près. Les teneurs en citrals d'essences de lemongrass d'origines fort diverses sont inférieures de 4 à 12 % à celles résultant des méthodes d'analyse précitées

Des résultats non moins intéressants, obtenus avec d'autres huiles essentielles fort diverses seront rapportés dans des revues spécialisées. Nous osons toutefois formuler dès à présent le vœu que les organismes de normalisation de l'analyse des huiles essentielles s'intéressent sans retard à un procédé de CPVL susceptible de faire délaisser dans un proche avenir l'usage de techniques classiques de l'analyse, physiques ou chimiques.

Nous voudrions enfin attirer l'attention sur les profits qu'on peut escompter, puisque 1 à 3 μl de produit suffisent déjà dans des conditions d'expérimentation courantes, de l'analyse par CPVL, dans des études de la genèse, de l'évolution, de la localisation des constituants de l'huile essentielle dans la plante ou dans l'organe et pour les comparaisons entre individus d'une espèce botanique.

(1) L. Domange et S. Longuevalle, *Comptes rendus*; 247, 1958, p. 209.

(2) Y. R. Naves, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1734; Y. R. Naves, P. Ardizio et C. Favre, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1958, p. 566.

(3) Y. R. Naves, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2163.

(4) Y. R. Naves et A. Odermatt, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1958, p. 377.

(5) *Définition des huiles essentielles :* Y. R. Naves dans *Traité de Chimie Organique*, de V. Grignard, G. Dupont, R. Locquin, 16, p. 469, Paris, Masson, 1949.

(6) Courtenay Phillips, *Gas Chromatography*, p. 64, Londres, 1956, Butterworth's Scientific Publications Inc.; H. H. Hausdorff, dans D. H. Desty et C.L.A. Harbourn, *Vapour Phase Chromatography*, p. 379, Londres, 1957, Butterworth's Scientific Publications Inc.; W. A. M. Keulemans, *Gas Chromatography*, p. 32, New-York, 1957, Reinhold Publishing Corp.

(7) R. H. Eastman, *J. Amer. Chem. Soc.*, 79, 1957, p. 4243.

AGRONOMIE. — *Sur l'emploi de la méthode conductimétrique dans l'étude du gel des betteraves sucrières.* Note de M[lle] **Jeannine Fourré**, présentée par M. Roger Heim.

L'utilisation de la méthode conductimétrique pour l'étude de l'action du froid sur des betteraves sucrières nous a permis d'apprécier favorablement l'évolution du gel des cellules.

Nous avons récemment montré que la coloration vitale permet d'étudier l'action du gel sur les tissus de betteraves sucrières (1). Cette méthode est malheureusement lente et ne fournit qu'une appréciation imparfaite du degré de gel des tissus, puisqu'elle oblige à évaluer la proportion des cellules mortes en recourant à des observations microscopiques.

Pour ces raisons, nous avons utilisé une autre technique, basée sur des mesures de conductimétrie des tissus; les cellules vivantes opposent une résistance plus grande au passage du courant électrique que les cellules

mortes. Nous avons donc pensé que des mesures électriques nous donneraient des renseignements sur la proportion de cellules mortes d'un tissu.

Nous avons utilisé un pont de Wheatstone-Kohlraush alimenté par une tension alternative de 50 c/s ([2]). Cet appareil possède deux électrodes : l'une indifférente, est constituée par une plaque d'argent, l'autre a la forme d'une aiguille; les expériences étaient conduites de la manière suivante : nous avons soumis des racines pendant 24 h à des températures constantes échelonnées de 0° C à — 16° C. Après dégel à la température du Laboratoire, nous les avons débitées en tranches d'un centimètre d'épaisseur sur lesquelles nous avons prélevé des fragments que nous avons déposés sur l'électrode indifférente (*fig.* 1).

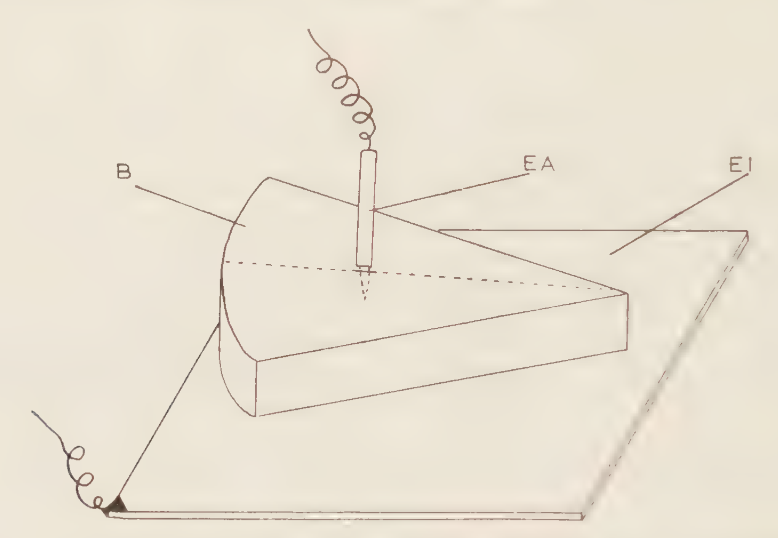


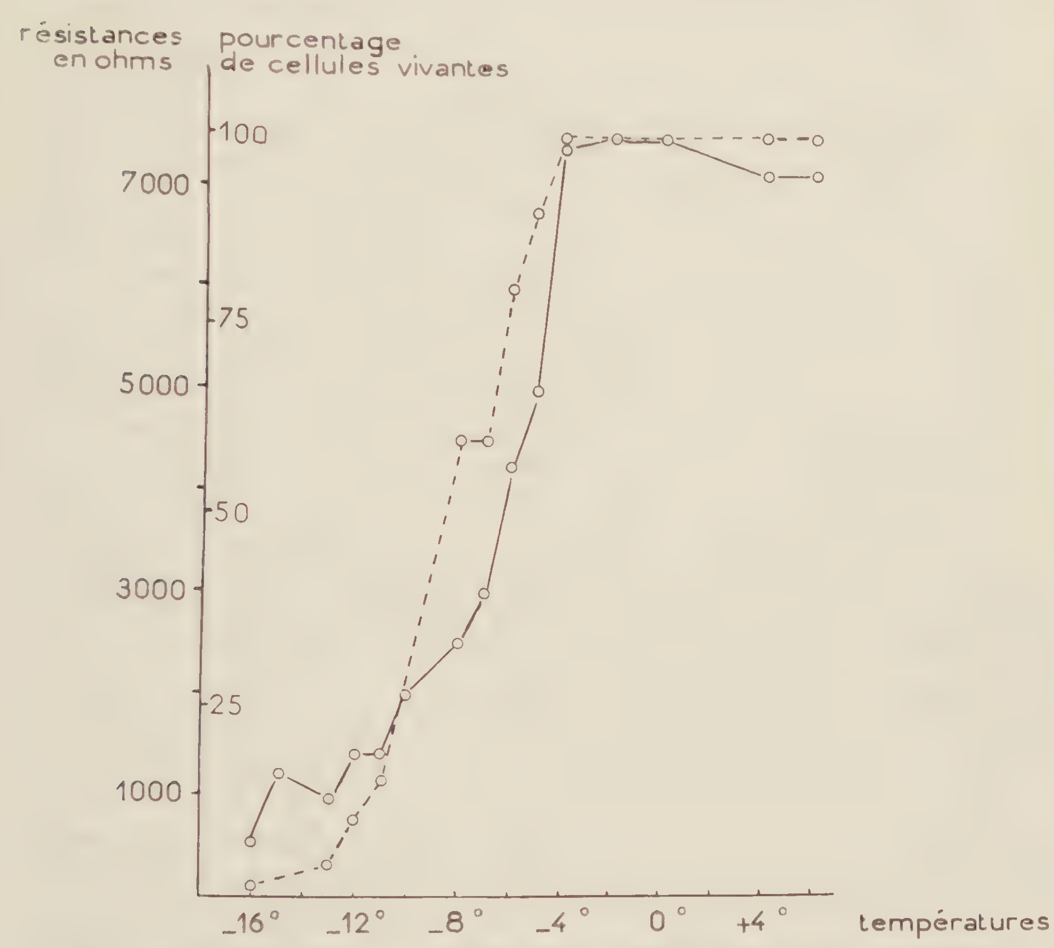
Fig. 1. — Schéma montrant le dispositif utilisé pour effectuer les mesures conductimétriques. E_I : électrode indifférente; E_A : électrode en aiguille; B : tranche de betterave.

Les mesures ont été réalisées sur des betteraves diploïdes (var. Dewas) conservées en silos et ayant subi ou non l'action du froid.

Les résultats de ces mesures, résumés dans le tableau I, montrent que la résistance électrique diminue à mesure que les racines subissent l'action de températures de plus en plus basses : elle passe de 7 000 Ω pour une betterave n'ayant pas subi l'action du froid, à 500 Ω pour un tubercule ayant séjourné à — 16° C pendant 24 h.

En examinant le graphique qui résume nos résultats, on constate qu'il existe un parallélisme entre les valeurs fournies par les mesures conductimétriques et les données cytologiques. L'étude comparative des deux courbes fait apparaître que, jusqu'à — 4° C les cellules demeurent vivantes quel que soit le critère adopté : examen cytologique ou mesure de résistivité. A partir de — 4° C, on peut noter une chute des deux courbes qui est assez brusque entre — 4 et — 11° C. L'observation microscopique révèle que

cette chute correspond à la mort des cellules du parenchyme fondamental, tandis que la résistance s'abaisse de 7 000 à 1400 Ω. Entre — 11 et — 16° C, la chute des courbes est moins accentuée et peut être décomposée en deux parties : l'une, correspondant aux températures comprises entre — 11



Graphique I. — Courbes montrant que les observations cytologiques et les mesures conductimétriques permettent d'apprécier de la même manière l'influence du gel sur les tissus de betterave (var. Dewas).

En trait plein : courbe conductimétrique. En tirets : pourcentage de cellules vivantes.

et — 13° C, pour lesquelles la résistance passe de 1400 à 900 Ω, correspondrait, d'après les observations cytologiques, à la mort de la « gaine périfasciculaire »; l'autre, obtenue pour des températures comprises entre — 13 et — 16° C, coïnciderait avec la nécrose des cellules du phloème.

Il est donc possible d'établir un parallélisme entre les résultats fournis par les deux critères. Toutefois nous remarquons un décalage entre ces deux courbes, décalage que nous avons également observé dans les expé-

riences faites avec des betteraves polyploïdes : nous examinerons dans une prochaine publication les raisons de ce phénomène.

TABLEAU I.

Mesures conductimétriques effectuées sur des betteraves diploïdes (var. Dewas) et montrant que la résistance électrique diminue quand la température s'abaisse.

	Résistances (Ω).
Betteraves n'ayant pas subi l'action du froid	7000
Betteraves ayant subi des températures supérieures à — 4° C	7000
Betteraves soumises pendant 24 h à — 5° C	5000
» » » — 6	4200
» » » — 7	3000
» » » — 8	2500
» » » — 9	2250
» » » — 10	2000
» » » — 11	1400
» » » — 12	1400
» » » — 13	900
» » » — 15	1200
» » » — 16	500

La méthode conductimétrique semble donc fournir des renseignements précieux, tant par sa rapidité que par sa précision, quant à l'altération des cellules de betteraves sous l'action des basses températures.

(1) J. FOURRÉ, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 338.
(2) Cette technique a été mise au point avec l'aide du Professeur L. Gougerot.

CYTOLOGIE. — *L'ultrastructure de la limite ectoplasme-endoplasme et des fibres formant le caryophore chez les Ciliés du genre* Isotricha *Stein* (*Holotriches Trichostomes*). Note (*) de Mlle **CÉCILE NOIROT-TIMOTHÉE**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Isotricha prostoma et *Isotricha intestinalis* sont des Ciliés d'assez grande taille (150 μ environ), de forme ovoïde et à ciliature dense, que l'on trouve fréquemment dans la panse des Ruminants domestiques. Les deux espèces diffèrent principalement par la position de la bouche ainsi que par la topographie des fibres formant le caryophore, mais leur structure comme leur ultrastructure sont extrêmement voisines, voire identiques. Le cytoplasme est divisé en deux zones, l'une périphérique ou ectoplasme, l'autre centrale ou endoplasme, séparées par une limite bien nette, déjà visible sur le vivant, et que la coloration de coupes par l'hématoxyline ferrique met particulièrement bien en évidence. Elle se présente ou bien comme une

membrane continue, ou bien comme la juxtaposition de gros cordons fibrillaires ne laissant entre eux que de faibles intervalles. Parfois cette limite paraît double, en particulier au niveau des points d'insertion des fibres du caryophore; on a alors l'impression que ces fibres exercent une traction sur la membrane, ce qui provoque le décollement des deux couches.

L'étude des *Isotricha* au microscope électronique nous a apporté des précisions sur la structure exacte de cette limite ectoplasme-endoplasme. Elle apparaît sur nos photographies avec beaucoup de netteté, son épaisseur variant de 400 à 700 mμ suivant l'angle d'incidence de la coupe. Elle est constituée par deux couches de fines fibrilles [1] parallèles, serrées les unes contre les autres et orientées de façon variable par rapport à la surface de l'Infusoire. Les fibrilles de la couche externe peuvent être soit parallèles à la limite du corps, soit perpendiculaires, soit encore obliques, et il en va de même pour les fibrilles de la couche interne; mais les premières sont toujours perpendiculaires aux secondes, et ceci sans aucune exception (*fig.* 1 et 2). Parfois les fibrilles manifestent une certaine tendance à se grouper par paquets mesurant à peu près 0,3 μ d'épaisseur (*fig.* 2), ce qui se traduit sur les coupes obliques par une discontinuité dans la strate fibreuse. Ceci est tout à fait en accord avec les observations faites en microscopie optique.

De cette limite, ou plus exactement de sa couche interne, se détachent de gros cordons ayant exactement la même ultrastructure fibreuse. Ces cordons se réunissent les uns aux autres et forment autour de l'appareil nucléaire une sorte de nasse; l'ensemble constitue le caryophore. La figure 4 montre l'un de ces cordons arrivant au voisinage du macronucleus. Signalons au passage que les autres fibres endoplasmiques [2] ont une ultrastructure différente; comme les fibres rétrociliaires des *Ophryoscolecidæ* [3], ce sont des faisceaux de fibrilles tubulaires.

De chaque côté de la limite ectoplasme-endoplasme, parfois entre les deux couches qui la composent, ainsi que le long des fibres du caryophore, on trouve des petits corpuscules enigmatiques (*fig.* 1, 2, 3 et 4). Leur section étant ovalaire sur les coupes tangentielles ou obliques et en forme de bâtonnet sur les coupes transversales, nous les interprétons comme des écailles appliquées contre la zone fibreuse. Ils mesurent au maximum 350 sur 150 mμ ; dans les cas les plus favorables (*fig.* 3), leur masse apparaît finement granuleuse. Cette organisation ne permet de les comparer à aucun organite cellulaire connu, et nous ne pouvons faire aucune hypothèse sur leur nature ou leur rôle exact.

Chez les *Dasytricha*, autres Ciliés de la panse des Ruminants appartenant à la même famille que les *Isotricha*, il existe aussi une séparation très nette entre l'ectoplasme et l'endoplasme, et nous avons pu constater qu'elle est également formée par deux couches de fines fibrilles, mais l'ensemble

est un peu moins épais. D'ailleurs cette organisation ne semble pas absolument exceptionnelle chez les Ciliés; nous l'avons nous-même retrouvée chez les *Paraisotricha* (Trichostomes) du cæcum du cheval, et chez les *Haptophrya* (Astomes) de l'intestin de *Discoglossus pictus*, mais dans ces deux cas il n'existe qu'une seule couche de fibrilles et non deux [4]. Rappelons que, chez les *Pycnothricidæ*, l'ectoplasme est aussi séparé de l'endoplasme par une couche de fibres que Chatton et Pérard ont interprétées comme des myonèmes [5].

Les *Isotricha* ne semblent pas posséder de contractilité propre, à la manière d'un *Stentor* par exemple; en revanche ils sont susceptibles de se déformer de manière considérable; à l'examen sur le vivant, on les voit se frayer un chemin entre les débris végétaux au milieu desquels ils vivent, les contourner, se glisser entre eux. Cette plasticité est d'autant plus frappante qu'elle s'oppose à la rigidité des *Ophryoscolecidæ* vivant dans le même biotope. Il nous semble donc assez normal de considérer que les deux couches fibrillaires séparant l'ectoplasme de l'endoplasme forment une armature élastique permettant des déformations réversibles du corps de l'Infusoire. Le caryophore serait en quelque sorte le suspenseur du noyau.

Légendes des planches.

Fig. 1. — Coupe de la région corticale d'un *Isotricha*. Une double couche fibreuse sépare l'ectoplasme (*en haut* de la figure, sous les cils) de l'endoplasme (*en bas*), dans lequel on distingue de nombreuses inclusions. Noter l'orientation des deux couches de fibrilles et la présence de petits corpuscules allongés de part et d'autre de la zone fibreuse (× 30 000; grossissement direct : 12 000).

Fig. 2. — Autre coupe montrant la structure et l'orientation des deux couches de fibrilles séparant l'ectoplasme (*à gauche*) de l'endoplasme (*à droite*). Les fibrilles de la couche externe montrent une tendance à se rassembler par petits paquets (× 40 000; grossissement direct : 16 000).

Fig. 3. — Coupe tangentielle de la couche externe de fibrilles entourée d'une guirlande de petites écailles au contenu finement granuleux; le reste de la coupe intéresse l'ectoplasme et, dans le haut, quelques rangées de cils (× 22 500; grossissement direct : 9 000).

Fig. 4. — Portion du macronucleus (*en bas, à droite*) avec l'arrivée d'une des fibres du caryophore (*en haut, à gauche*) flanquée de quelques petites écailles (× 22 500; grossissement direct : 9 000).

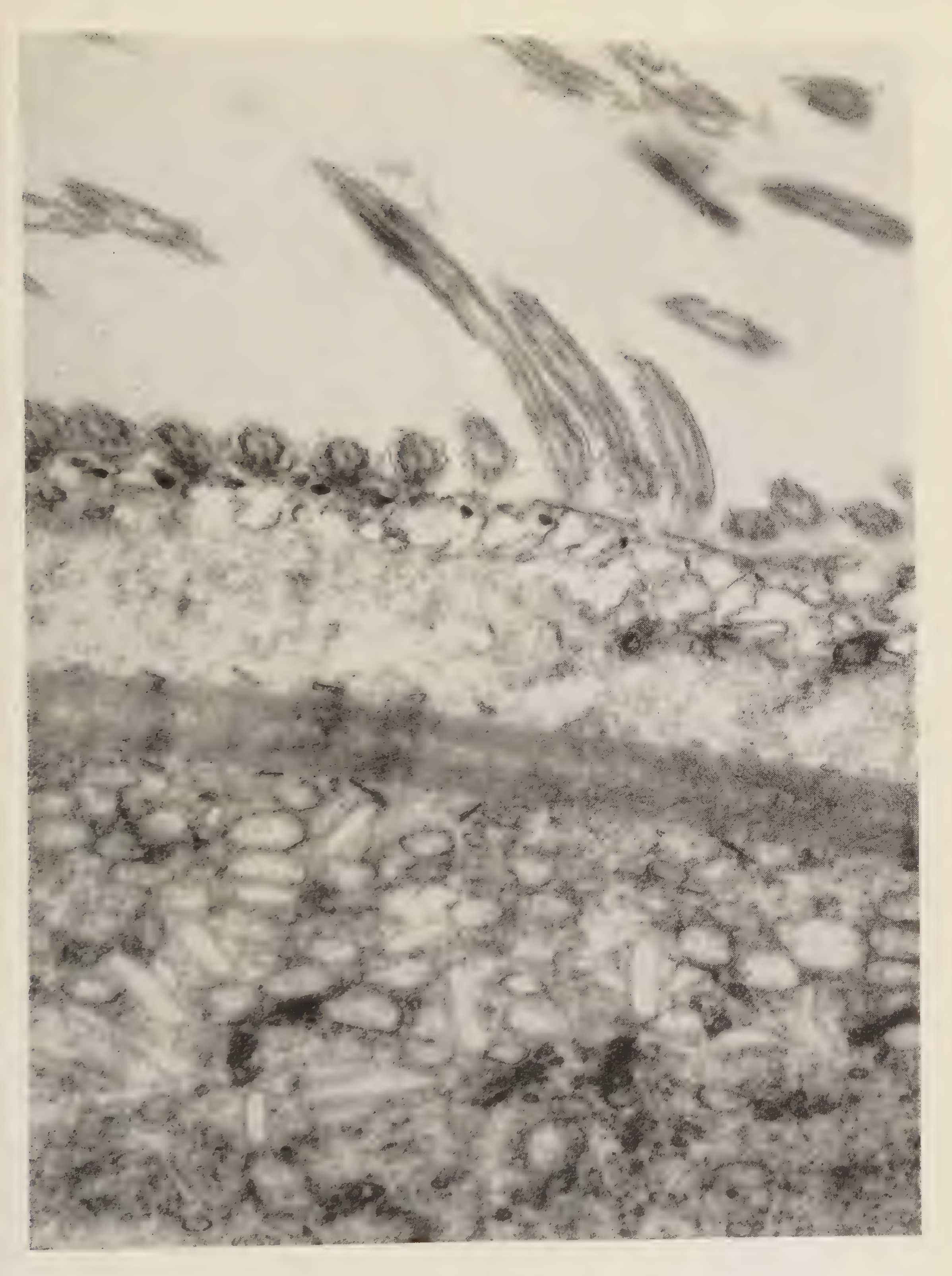
(*) Séance du 28 juillet 1958.

(1) Il s'agit peut-être en réalité de rubans très minces, ou encore de rideaux de fibrilles.

(2) C. G. ten Kate, *Arch. f. Protistenk.*, 62, 1928.

(3) C. Noirot-Timothée, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1286.

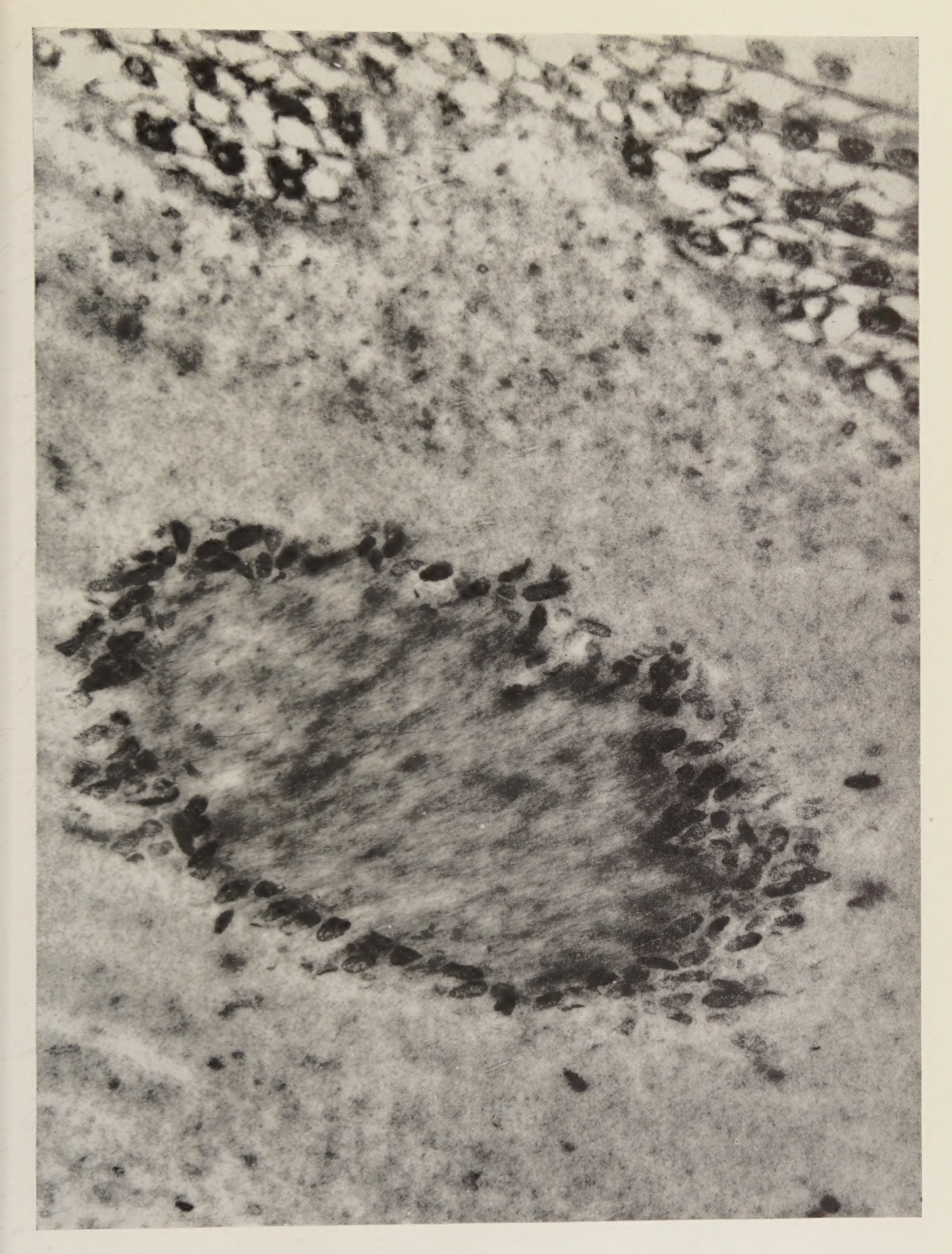
(4) Ce qu'on observe chez les Ophryoscolecidae et les Cycloposthiidae est différent car la valeur relative des deux couches cytoplasmiques n'est pas la même. En effet, c'est dans la couche corticale que se trouvent le macro- et le micronucleus, les vacuoles contractiles, les plaques squelettiques et les différenciations fibrillaires en rapport avec les zones ciliaires.



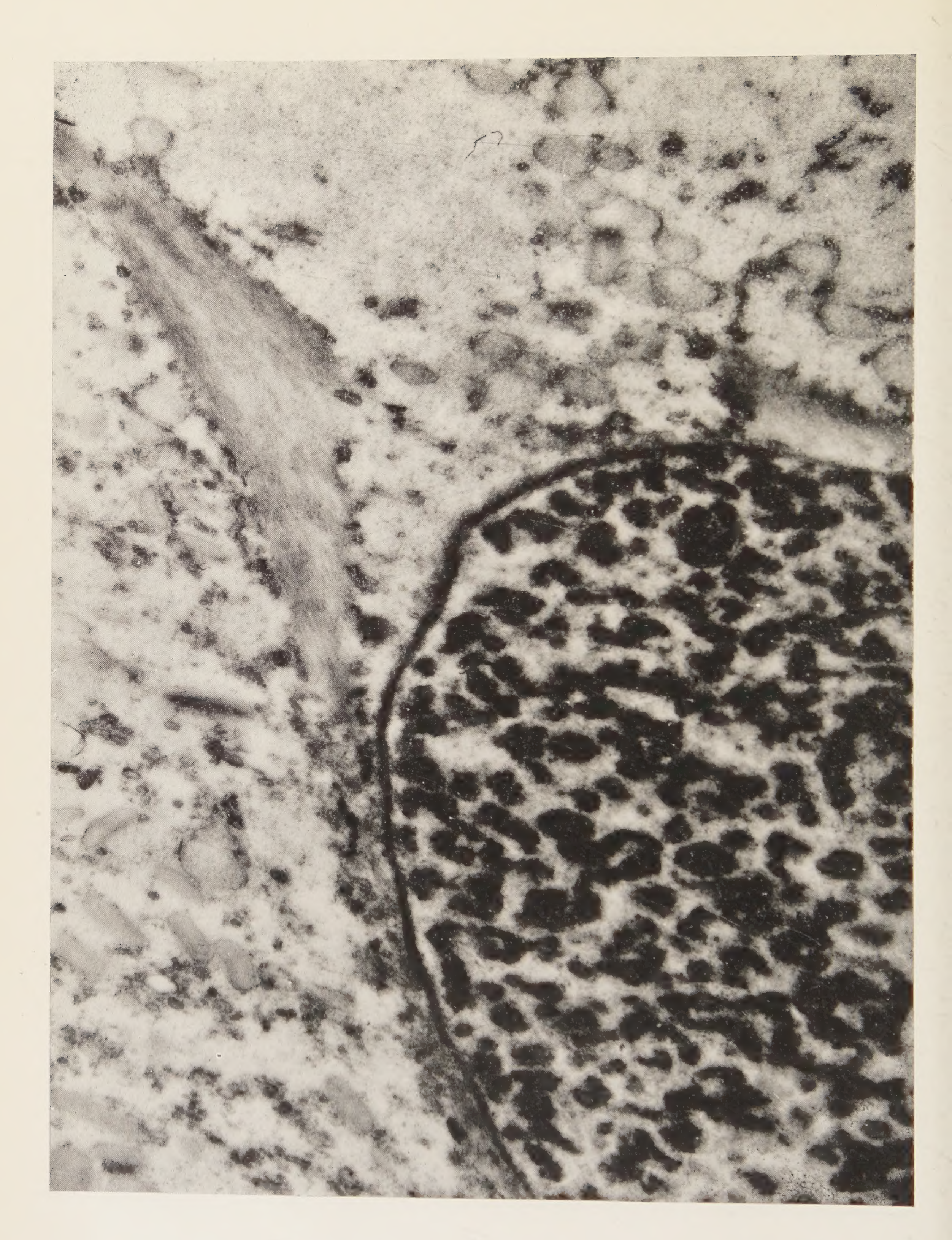
1



2



3



4

La limite entre l'ectoplasme et l'endoplasme, très nette en microscopie optique, apparait de façon irrégulière sur les photographies électroniques; en tous cas, elle n'a jamais une ultrastructure comparable à celle des *Isotricha*.

([5]) *Bull. Biol.*, 55, 1921, p. 87-151.

(*Laboratoire de Microscopie électronique appliquée à la Biologie. C. N. R. S.*, 105, *boulevard Raspail, Paris*, 6e.)

La séance est levée à 15 h 20 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1958.

Razze bianche anellate e sferiche importate e studiate da Beinto Mari e oggi in possesso della Stazione Sperimentale di Gelsi-Bachicoltura di Ascoli Piceno, par L. LOMBARDI. Estratto dall' *Annuario della Stazione Sperimentale di Gelsi-Bachicoltura di Ascoli Piceno*. Vol. III (1956 e 1957); 1 fasc. 24,5 cm.

Fœtus papiraceus o' compressus (*A proposito de un caso de observacion personal con conservacion de las Piezas anatomicas*), por MARIO A. GAMBOA. Trabajo presentado en el III Congreso medico regional de Las Villas Verificado en Sancti-Spiritus, Los Dias, 20-21-22 de noviembre de 1953; 1 fasc. 24 cm.

Las Espatulas de Thierry y sus modificaciones, por MARIO A. GARCIA GAMBOA. La Habana, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Feto prematuro acondroplasico teratosomo a tipo celosomiano aspalosomo, por MARIO A. GARCIA GAMBOA. La Habana, 1956; 1 fasc. 24 cm.

Dos forceps obstetricos cubanos, por MARIO A. GARCIA GAMBOA. La Habana, Publicado en Medicina Latina, 1956; 1 fasc. 24 cm.

(*A suivre*).